

**Veränderungen des Natrium- und
Kaliumstoffwechsels durch
Operationstraumen und seine
Beeinflussung durch Infusionen**

Walther Dietrich Wollheim

Druck: Anneliese Schubert, München 5, Corneliusstraße 21, Telefon 221777



Digitized by the Internet Archive
in 2026

AUS DER MEDIZINISCHEN POLIKLINIK DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN
Direktor: Professor Dr. W. SEITZ

VERÄNDERUNGEN DES NATRIUM- UND KALIUMSTOFFWECHSELS
DURCH OPERATIONSTRAUMEN UND SEINE BEEINFLUSSUNG
DURCH INFUSIONEN

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfasst und einer Hohen Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Walther Dietrich Wollheim
aus Steisslingen (Baden)

München 1959



Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Referent: Professor Dr. W. SEITZ

Dekan: Professor Dr. K. KOLLE

Tag der mündlichen Prüfung: 20. III. 1959

Auf die Bedeutung fundamentaler Gleichgewichtsstörungen in der Zusammensetzung der intra- und extracellulären Flüssigkeiten und ihrer Korrektur wird immer öfter hingewiesen. Intracelluläre Kaliummangelzustände findet man bei Patienten mit Diarrhoe (1, 2), bei Flüssigkeitsverlusten aus dem Magen-Darmtrakt durch Erbrechen oder Drainage (3, 4) bei Colitis ulcerosa (5), Diabetes mellitus (6), Überproduktion des DOCA-Hormons bei Fällen von Nebennieren-Hyperplasie und -Krebs (7) und bei therapeutischen Gaben von ACTH oder Nebennierenrinden-Extrakten (8).

Bei der sogenannten "maladie postoperative" (9) zeigten ELIEL, PEARSON und RAWSON (10), dass die unter diesem Begriff zusammengefassten Erscheinungen von Apathie, Muskelschwäche, cardialer Arrhythmie, Ödemen usf. allein auf den Mangel an Kalium zurückzuführen sind. Diese Symptome traten bei Patienten auf, die nach schweren Operationen vor allem im Magendarmbereich mit kaliumarmen parenteral zugeführten Flüssigkeiten ernährt wurden. In einer weiteren Arbeit erklärten ELIEL, PEARSON und WHITE (11) die Ursachen dieses Defizits. Einerseits bewirkt die mangelhafte oder fehlende Calorienzufuhr verstärkten Zellabbau, andererseits führt die Nebennierenüberfunktion infolge des Operationstraumas im Sinne der SELYE'schen "Alarmreaktion" (12) ebenfalls zur Proteolyse und damit Zelleinschmelzung. Darüber hinaus bewiesen RANDALL und HABIF (13), dass allein schon grosse Infusionen isotonischer Natriumchlorid-Lösungen hohe Kaliumverluste hervorrufen.

ELIEL et al. (11) wiesen auf weitere, parallel zum Kaliumverlust auftretende Stoffwechselveränderungen hin: Verluste an Stickstoff, Chlor, Phosphor, dagegen Retention von Natrium und Wasser; ferner Auftreten einer Alkalose und starke Vermehrung des Bikarbonates.

EIGENE UNTERSUCHUNGEN

Für unsere Untersuchungen der postoperativen Stoffwechselverhältnisse stellte uns die chirurgische Poliklinik 11 Patienten zur Verfügung, die sich sämtlich schweren Operationen im Bereich des Abdomens unterziehen mussten.

Wir teilten die Patienten in zwei Gruppen. Die erste erhielt nur die von den Chirurgen routinemässig verabreichten Infusionen oder keine parenterale Flüssigkeitszufuhr. Der anderen Gruppe infundierten wir neben den evt. chir. Infusionen über vier Tage nach dem Eingriff Fruktoselösungen, in einem Falle ein Fruktose-Aminosäuren-Kaliumgemisch. Die Stoffwechseluntersuchungen erstreckten sich vom 3. Tage vor der Operation bis zum 6. Tage danach.

PROBLEMSTELLUNG

Bei unseren Untersuchungen wollten wir bei einer grösseren Zahl von Frischoperierten die Auswirkungen des Operationstraumas auf den Stoffwechsel feststellen und auf dieser Grundlage Methoden ausarbeiten, mit denen diese Auswirkungen verhindert oder ausgeglichen werden könnten. Nebenbei war es interessant, unsere Ergebnisse mit denen der grundlegenden Arbeit von ELIEL, PEARSON und RAWSON (10) zu vergleichen.

Wie oben schon erwähnt, sind die Ursachen der Kalium- und Stickstoffverluste auf die gesteigerte NNR-Tätigkeit und die fehlende Calorienzufuhr zurückzuführen. Es liegt nahe zu versuchen, die NNR-Tätigkeit medikamentös zu dämpfen, Calorien zuzuführen und Kalium in Form eines seiner Salze, Stickstoff in Form eines Eiweisshydrolysates parenteral zu infundieren.

Eine NNR-Dämpfung ist mit Testosteron möglich (14). Bei der unter Testoviron gesteigerten Proteinsynthese wird Kalium gebunden (15).

Ein direkter Kaliumersatz durch parenterale Zufuhr ist gefährlich und erfordert EKG-Überwachung (16). Eine recht brauchbare Anleitung hierfür hat MARTIN ausgearbeitet (17).

Als Calorienspender stehen Kohlehydrate zur Verfügung. Diese haben ausserdem die Fähigkeit, beim Glycogenaufbau Kalium zu binden. Diese Zusammenhänge zwischen Kalium- und Kohlehydratstoffwechsel wurden schon öfter beschrieben. An Leberschnitten in vitro (18, 19), Hefezellen und Leucozyten (20), an Erythrozyten (21) und Hirngewebe (22) wurde festgestellt, dass die auf Glucosegabe folgende Glycogenbildung mit einer Kaliumbindung einhergeht. Eine noch stärkere Glycogenbildung als durch Glucose findet man bei der Verwendung von Fruktose (30).

Wie ENGEL feststellte, wird auch die Stickstoffbilanz durch Kohlehydratinfusionen verbessert (23). Hierbei zeigt sich die Fruktose der Glucose überlegen. Nach ALBANESE (24) tritt bei Kindern eine Verbesserung der Eiweissbilanz dann ein, wenn der Kohlehydratanteil der Nahrung aus Fruktose besteht. ELMAN et al. (25) kommen zu dem Ergebnis, dass bei intravenöser Infusion eines Aminosäuren-Fruktosegemisches der Eiweiss-Spareffekt grösser ist als nach Glucose. Sie erklären dies mit dem wesentlich schnelleren Eintritt der Fruktose in die Zelle und der dadurch möglichen rascheren energetischen Verwertung.

Kalium- und Stickstoff-Stoffwechselwirkungen gehen weitgehend parallel. Durch Kaliumgaben kann die Stickstoffbilanz verbessert werden (26, 27), umgekehrt durch Verbesserung der Stickstoffbilanz die negative Kaliumbilanz. (28).

Es sei noch auf die Stoffwechselaktivität der Fruktose hingewiesen, die zur Verbesserung der Glucoseverwertung bei Hyperglycämie führt, gleich ob diese durch Stress oder Gaben von ACTH und NNR-Hormonen (29) hervorgerufen ist oder beim Diabetes auftritt (30). Eine erstaunlich entgiftende Wirkung der Fruktose stellte STUHLFAUTH bei Alkoholintoxikationen fest (31).

Diese Überlegenheit der Fruktose veranlasste uns, sie als Kohlehydrat bei den Infusionen zu verwenden.

METHODE

Drei Tage vor der Operation, am Operationstag selbst und die folgenden sechs Tage danach entnahmen wir bei allen Patienten früh nüchtern 10 bis 15 ccm Blut aus einer Armvene und zentrifugierten sofort. Der Urin wurde an denselben Tagen gesammelt und als 24-Stunden-Harn verwendet. Die Stuhlausscheidung wurde nach Angaben der Literatur (32) als prozentualer Anteil an der Gesamtausscheidung zu den Harnwerten addiert. Der Anteil beträgt für Kalium 21 %, Natrium 5 %, Phosphor 43 %, Chlor 2 %. Im Blut bzw. Serum, im Urin und in den täglichen Einnahmen an Nahrung und Infusionen wurden die Werte für Kalium, Natrium, Chlor, Stickstoff, Phosphor und die Gesamtreduktion bestimmt.

PLESSNER berechnete aus Einnahmen und Ausscheidungen die Bilanzen (33). STEINHUBER bestimmte in Blut und Urin die Werte von Chlor, Stickstoff, Phosphor und die Gesamtreduktion (34).⁺

Die Serum- und Urinwerte für Kalium und Natrium wurden mit einem verbesserten Zeiss'schen Flammenphotometer gemessen.⁺⁺ Mit einer von HEGEMANN und PFAB entwickelten und veröffentlichten Methode der Relativmessung mit einer Bezugslösung (35) gelang es im Laufe der Messungen, die dort angegebene Fehlerbreite und Reproduzierbarkeit von unter 1 % zu erreichen. Die günstigsten Messkonzentrationen fanden wir bei Verdünnung der Urine auf 1 : 100, der Seren für die Kaliumbestimmung 1 : 10, für die Natriumbestimmung 1 : 100. Die Infusionen wurden Intravenös gegeben. Art und Zusammensetzung sind in den Tabellen angegeben.

⁺) In dieser Arbeit werden nur die Kalium- und Natriumwerte berücksichtigt. Zum Vergleich angeführte Chlorwerte wurden mir freundlicherweise von STEINHUBER zur Verfügung gestellt.

⁺⁺) Das Flammenphotometer wurde uns entgegenkommenderweise von Herrn Professor HEGEMANN (TH München) zur Verfügung gestellt. Für seine und seiner Mitarbeiter hilfsbereite Unterstützung möchten wir hier herzlich danken.

ben. Die Infusionsdauer betrug zwei Stunden.

Bei einem Patienten (Fall 11) gaben wir ein Fruktose-Aminosäuren-Kaliumgemisch⁺⁾ mit einer Tropfdauer von gut drei Stunden unter dauernder EKG-Kontrolle.

ERGEBNISSE

Im folgenden wird jeder Patient einzeln aufgeführt werden. Zuerst fünf Fälle, bei denen wir keine Infusionen durchführten, dann fünf Fälle mit Fruktoseinfusionen, schliesslich ein Fall mit Fruktose-Aminosäure-Kaliuminfusion. Die Werte sind in Tabellen angeordnet. Die Serumwerte sind in mg %, alle anderen in g aufgeführt.

Die "Operationsbilanz" ist die "Gewinn- und Verlustrechnung" der Tage nach und einschliesslich der Operation. Sie gibt Retention oder Verlust eines Elementes an und gibt damit die Ionenverschiebung von Kalium, Natrium und vergleichsweise Chlor wieder. Um die Elemente wirklich quantitativ-relativ vergleichen zu können, wurden neben den Werten in g die Milliaequivalente (mval) angegeben.

⁺⁾ Fruktose und Aminosäuren (Aminovit) wurden uns von der Firma Boehringer und Söhne, Mannheim, in reichlicher Menge zur Verfügung gestellt.

Fall 1

Patient K.B., 53 Jahre. Inoperables Carcinom des Magens, Lebercirrhose.
Operation am 8.10.53 in Lachgas-Äther-Curare-Narkose.

Der Patient hat den Eingriff gut überstanden, er erholt sich langsam.

Tabelle 1

Tage:	3	2	1	Op	1	2	3	4	5	6
Serumwerte in mg %										
K	16.8	16.2	16.3		17.8	15.1	17.9	16.7	14.6	14.8
Na	344	330	330		348	350	352	337	334	332
Einnahme (E) und Ausscheidung (A) in g										
K E	3.23	4.44	2.06	----	----	0.32	1.83	1.47	2.33	2.14
A	3.23	3.09	3.00	3.73	2.72	1.93	2.09	1.73	1.81	1.77
Na E	1.50	3.12	1.52	----	----	1.35	1.18	1.94	1.26	1.25
A	1.01	0.59	0.96	0.86	1.39	0.20	0.69	0.34	0.25	0.17
Bilanzen in g										
K ⁺		1.35							0.52	0.37
K ₋	0.00		0.94	3.73	2.72	1.61	0.26	0.26		
Na ⁺	0.49	2.53	0.56			1.15	0.49	1.60	1.01	1.08
Na ₋				0.86	1.39					

Operationsbilanz:

Kalium: - 7.69 g
= - 304 mval

Natrium: + 4.08 g
= + 177 mval

Chlor: - 3.91 g
= - 110 mval

Keinerlei Infusionen.

Fall 2

Patient R.W. 50 Jahre, chronisch recidivierende Ulcera duodeni.

Operation am 5.10.53 in Lachgas-Äther-Curare-Narkose. Resektion nach Billroth II - Reichel - Polya. Dabei Dauertropfinfusion mit einer Kochsalz-Natriumcitrat-Lösung und Blut.

Komplikationsloser Heilverlauf. Der Patient erholt sich rasch.

Tabelle 2

Tage:	3	2	1	Op	1	2	3	4	5	6	
Serumwerte in mg %											
K	19.8	20.0	20.1	24.5	20.6	19.6	15.8	16.0	17.0	16.2	
Na	408	440	420	348	378	370	384	369	354	392	
Einnahme und Ausscheidung (A und E) in g											
K	E	2.96	3.09	3.11	----	0.10	0.10	0.05	0.05	1.54	1.57
	A	2.81	2.00	1.93	3.00	2.93	2.89	2.62	1.50	1.76	1.53
Na	E	2.42	2.85	3.63	1.45	3.33	3.33	1.67	0.73	2.37	1.69
	A	2.82	2.03	1.40	2.66	2.44	1.45	1.08	0.79	2.09	2.33
Bilanzen in g											
K ₋ ⁺	0.15	1.09	1.18	3.00	2.83	2.79	2.57	1.45	0.22	0.02	
Na ₋ ⁺	0.40	0.82	2.23	1.21	0.89	1.88	0.59	0.06	0.28	0.64	
				300	50	1000	500				
				NaCl	50 %	Tuto-	Tuto-				
				Lösg	Glu-	fusin	fusin				
				40	cose						
				5 %	1000						
				NaCi	Tuto-						
				trat	fusin						
				400							
				Blut							
Operationsbilanz:											
Kalium: - 11.88 g				Natrium: + 1.73 g				Chlor: - 4.14 g			
= - 304 mval				= + 75.4 mval				= - 117 mval			

Fall 3

Patient A.K. 56 Jahre, Probelaaparatomie wegen Verdacht auf Pankreas-kopf-Carcinom.

Operation am 6. 10. 53 in Lachgas-Äther-Curare-Narkose. Man findet nichts.

Der Eingriff wurde gut überstanden, komplikationsloser Heilverlauf.

Tabelle 3

Tage:	3	2	1	Op	1	2	3	4	5	6
Serumwerte in mg %										
K	24.2	22.3	24.0		20.8	18.3	18.0	16.6	16.6	16.8
Na	360	348	348		366	330	333	326	334	330
Einnahme (E) und Ausscheidung (A) in g										
K E	0.69	1.09	0.63	----	0.17	0.40	0.17	0.83	0.82	0.63
A	2.17	1.21	1.20	1.08		2.28	1.57	0.90	0.74	1.17
Na E	1.03	2.26	1.20	2.42	1.17	0.76	0.32	0.66	1.51	0.89
A	1.36	1.29	1.43	2.20		0.72	0.16	0.27	1.50	1.26
Bilanzen in g										
K ⁺	1.48	0.12	0.57	1.08		1.88	1.40	0.07	0.08	0.54
Na ⁺	0.33	0.97	0.23	0.22		0.04	0.16	0.39	0.01	0.37
600 NaCl										
Lösung										
Infusionen in ml										
30 5 %										
Na Citr.										
300 Blut										
Operationsbilanz:										
Kalium: - 4,49 g					Natrium: + 0.45 g		Chlor: - 3.13 g			
= - 125 mval					= + 19.6 mval		= - 88.3 mval			

Fall 4

Patient E. M. 45 Jahre, Ulcus duodeni.

8.9.53 Operation mit Intubationsnarkose, Resektion nach Billroth II - Reichel - Polya.

In den ersten 4 Tagen nach der Operation traten Temperaturen bis über 39° auf, die sich unter Supracillin wieder normalisierten.

Tabelle 4

Tage:	3	2	1	Op	1	2	3	4	5	6
Serumwerte in mg %										
K	17.2	17.4	14.8	17.2	19.7	17.1	20.4	15.9	17.2	13.9
Na	364	330	334	350	328	324	326	302	356	340
Einnahme (E) und Ausscheidung (A) in g										
K E	4.04	3.50	1.97	----	0.10	0.10	0.10	0.06	1.83	2.07
A	2.49	3.09	2.59	3.23	2.96	2.17	1.90	1.49	1.22	2.02
Na E	4.24	2.13	2.52	1.19	3.33	3.33	3.33	1.35	1.12	2.41
A	3.68	3.48	3.28	0.34	0.64	0.55	0.44	1.53	0.83	1.82
Bilanzen in g										
K ⁺	1.55	0.41	0.62	3.23	2.86	2.07	1.80	1.43	0.61	0.05
Na ⁺	0.56	1.35	0.76	0.85	2.69	2.78	2.89	0.18	0.29	0.59
				200	50	50	50			
				NaCl	50 %	50 %	50 %			
				<u>Lsg</u>	Glu-	Glu-	Glu-			
Infusionen in ml				50	cose	cose	cose			
				5 %	1000	1000	1000			
				NaCl	Tuto-	Tuto-	Tuto-			
				<u>trat</u>	fusin	fusin	fusin			
				500						
				Blut						

Operationsbilanz:

Kalium: - 10.73 g
= - 275 mval

Natrium: + 9.91 g
= + 430 mval

Chlor: + 13.94 g
= + 393 mval

Fall 5

Patient J. M. 63 Jahre, Ulcus duodeni. Schlechter Allgemeinzustand.
Operation am 24. 9. 53 nach Vorbereitung mit Infusionen von Tutofusin
und einer Bluttransfusion. Intubationsnarkose. Resektion nach Finsterer.

Tabelle 5

Tage:	3	2	1	Op	1	2	3	4	5	6
Serumwerte in mg %										
K	16.6	20.6	17.2		16.2	17.6	17.6	16.8	16.2	17.0
Na	364	374	326		330	328	356	356	350	340
Einnahme (E) und Ausscheidung (A) in g										
K E	0.05	0.10	0.10		0.10	0.10	0.05	0.36	0.08	0.68
A	1.00	0.61	1.00	1.25	2.70	1.23	1.61	1.31	1.39	1.21
Na E	2.70	1.69	1.69	1.90	3.33	3.33	1.67	2.06	0.86	1.00
A	1.18	0.48	1.33	0.68	0.98	0.16	0.23	0.22	0.26	1.01
Bilanzen in g										
K ⁺	0.95	0.51	0.90	1.25	2.60	1.13	1.56	0.95	1.31	0.53
Na ⁺	1.52	1.21	0.36	1.22	2.35	3.17	1.44	1.84	0.60	0.01
	50	500	500	400	1000	1000	500	500		
	50 %	Tuto-	Tuto-	NaCl	Tuto-	Tuto-	Tuto-	Tuto-		
	Glu-	fusin	fusin	Lösg	fusin	fusin	fusin	fusin		
	cose		50	50		50				
	210		50 %	5 %ig		50 %				
	NaCl		Glu-	NaCi		Glu-				
	Lösg		cose	trat		cose				
	300			500						
	Blut			Blut						

Operationsbilanz:

Kalium: - 9.33 g
= - 238 mval

Natrium: + 10.62 g
= + 462 mval

Chlor: + 12.8 g
= + 361 mval

Gesamtbilanz:

Kalium: - 11.69 g

Natrium: + 13.71 g

Fall 6 (Beginn der Fruktoseinfusionen)

Patient W.G. 25 Jahre, chronische Cholelithiasis.

Operation am 29.10.53 in Evipan - Äther - Narkose. Cholecysto- und Appendektomie.

Am ersten Tage nach der Operation leichte Temperatursteigerung, danach komplikationsloser Heilverlauf.

Tabelle 6

Tage:	3	2	1	Op	1	2	3	4	5	6
Serumwerte in mg %										
K	17.9	18.2	16.6	17.6	15.9	16.7	15.5	13.2	13.9	14.0
Na	320	314	350	328	314	312	302	313	298	304
Einnahmen (E) und Ausscheidung (A) in g										
K E	2.64	2.91	2.22	----	----	0.09	0.30	0.80	1.65	1.48
A	2.84	3.42	2.02	2.87	1.91	1.31	1.19	0.74	0.94	0.75
Na E	4.62	4.73	4.92	----	----	0.06	0.13	0.92	1.47	1.66
A	4.86	4.57	3.11	2.09	0.74	0.43	0.65	1.13	1.80	0.59
Bilanzen in g										
K ₋ ⁺	0.20	0.51	0.20	2.87	1.91	1.22	0.89	0.06	0.71	0.73
Na ₋ ⁺	0.24	0.16	0.81	2.09	0.74	0.37	0.52	0.21	0.33	1.07
1000 1000 1000 1000										
15 % 15 % 15 % 15 %										
Fruk- Fruk- Fruk- Fruk-										
tose tose tose tose										

Infusionen in ml

Operationsbilanz:

Kalium: - 5.19 g

= - 138 mval

Natrium: - 3.39 g

= - 139 mval

Chlor: - 9.18 g

= - 258 mval

Fall 7

Patientin Ch. K. 30 Jahre, Cholecystopathie, Verdacht auf Gallensteine. Operation am 5.11.53 in Evipan - Äther - Narkose. Cholecystektomie. Man findet einen Solitärstein in einer Lipoidstippchengallenblase. Die Patientin hat den Eingriff verhältnismässig gut überstanden. Am 1. Tage nach der Operation kommt es zu einer Pneumonie. Unter Supracilin und Gantrisin Abfall der zwischen 38 und 39° schwankenden Temperaturen am 4. Tag nach der Operation.

Tabelle 7

Tage:	3	2	1	Op	1	2	3	4	5	6
Serumwerte in mg %										
K	16.9	17.0	16.3	18.6	16.3	17.0	15.4	13.8	15.6	15.4
Na	340	350	312	310	306	360	310	308	314	307
Einnahme (E) und Ausscheidung (A) in g										
K E	1.92	1.81	0.58	----	----	0.03	0.14	0.67	1.45	0.88
A	1.79	1.81	1.36	3.48	2.55	1.70	1.12	0.58	0.45	0.83
Na E	2.75	2.91	1.58	----	----	----	0.17	0.40	0.45	0.47
A	2.98	3.09	2.20	1.72	2.41	0.68	0.30	0.72	0.94	0.84
Bilanzen in g										
K ⁺ K ₋	0.13	0.00						0.09	1.00	0.05
			0.78	3.48	2.55	1.67	0.98			
Na ⁺ Na ₋	0.23	0.18	0.62	1.72	2.41	0.68	0.13	0.32	0.49	0.37
Infusionen in ml										
					1000	1000	500			
					15 %	15 %	15 %			
					Fruk-	Fruk-	Fruk-			
					tose	tose	tose			
						5 g	nicht in der			
						NaCl	Bilanz ver-			
							in rechnet !			
							300			
							H ₂ O			
							rektal!			
Operationsbilanz:										
Kalium: - 7.54 g				Natrium: - 6.12 g				Chlor: - 7.43 g		
= - 193 mval				= - 266 mval				= - 209 mval		

Fall 8

Patientin R. K. 62 Jahre. Inoperables Sigmoidcarcinom.

Operation am 7.8.53. Intubationsnarkose mit Lachgas-Äther-Sauerstoff
Mylaxin i.v. Anlage eines doppelläufigen Anus praeter naturalis. Eine
Woche vor und nach der Operation Gaben von Aureomycin und Supracillin.
Aus dem Anus entleert sich dünner Darminhalt.

Tabelle 8

Tage:	3	2	1	Op	1	2	3	4	5	6
Serumwerte in mg %										
K	21.0	17.7	17.8		21.0	15.6	18.4	15.4	16.4	16.7
Na	310	326	334		344	311	326	324	336	354
Einnahme (E) und Ausscheidung (A) in g										
K E	0.97	0.29	0.03	----	0.05	0.05	0.05	0.19	0.24	0.77
A	1.97	3.29	1.05		1.70	1.35	1.09	0.72	0.61	0.56
Na E	0.64	0.96	0.01	1.55	1.67	1.67	1.67	0.20	0.59	1.21
A	3.49	2.55	1.69		1.35	0.81	0.28	0.15	0.14	0.12
Bilanzen in g										
K ⁺ ₋	1.00	3.00	1.02		1.65	1.30	1.04	0.53	0.37	0.21
Na ⁺ ₋	2.85	1.59	1.68		0.32	0.86	1.39	0.05	0.45	1.09
				500	500	500	500	500		
				Blut	20 %	20 %	20 %	20 %		
				300	Fruk-	Fruk-	Fruk-	Fruk-		
				NaCl	tose	tose	tose	tose		
Infusionen in ml				Lösg	50					
				50	50 %					
				5 %	Glu-					
				NaCi	cose					
				trat	500	500	500			
Tutofusin										

Operationsbilanz:

Kalium: - 4.68 g
= - 120 mval

Natrium: + 4.16 g
= + 180 mval

Chlor: - 6.26 g
= - 176 mval

Fall 9

Patientin A.St. 46 Jahre. Adenocarcinom im Bereich des unteren Sigmoids.
Operation am 6.8.53. Intubationsnarkose mit Lachgas-Äther-Sauerstoff
und Mylaxin i.v. Einzeitige Abdomino-sacrale Resektion des Tumors,
End-zu-Endanastomose.

Operation gut überstanden. Komplikationsloser Heilverlauf.

Tabelle 9

Tage:	2	1	Op	1	2	3	4	5	6
	Serumwerte in mg %								
K	15.8	14.4		11.0	11.8	13.4	15.8	14.4	15.6
Na	394	304		318	360	358	360	330	334
	Einnahme (E) und Ausscheidung (A) in g								
K E	0.29	0.03	----	----	----	----	0.02	0.22	0.26
A	2.03	1.34		1.66	0.82	0.43	0.42		0.73
Na E	0.96	0.01	1.63	1.80	----	----	0.18	0.40	0.90
A	0.63	0.84		1.42	0.24	0.08	0.10		0.31
	Bilanzen in g								
K ₋ ⁺	1.74	1.31		1.66	0.82	0.43	0.40		0.47
Na ₋ ⁺	0.33	0.83		0.38	0.24	0.08	0.08		0.59
Infusionen in ml			200	500	500	500	500		
			NaCl	20 %	20 %	20 %	20 %		
			Lösg	Fruk-	Fruk-	Fruk-	Fruk-		
			95	<u>tose</u>	tose	tose	tose		
			5 %	50					
			NaCi	50 %					
			trat	Glu-					
			950	cose					
			Blut	400	NaCl	Lösg			
				40					
				5 %	NaCitrat				
				400	Blut				
Operationsbilanz:									
Kalium: - 4.14 g				Natrium: + 0.73 g				Chlor: - 6.54 g	
= - 106 mval				= + 31.7 mval				= - 183 mval	

Fall 10

Patient A.M. 26 Jahre, Neoplasma ventriculi.

Operation am 5.11.53. Intubationsnarkose mit Curare. Gastrektomie, Entfernung des grossen und Teilen des kleinen Netzes und eines mit dem Magen verbackenen Leberstückes. Anlegung einer Ösophago-Jejunostomie. Der Patient hat den schweren Eingriff recht gut überstanden. Am 1. und 2. Tage nach der Operation auftretende Temperaturen bis fast 40° konnten mit Omnamycin normalisiert werden. Jetzt störungsfreier Heilungsverlauf.

Tabelle 10

Tage:	3	2	1	Op	1	2	3	4	5	6
Serumwerte in mg %										
K	17.3	17.7	17.7	18.8	17.5	17.5	16.3	15.0	15.6	13.8
Na	318	316	312	308	306	312	302	294	350	340
Einnahme (E) und Ausscheidung (A) in g										
K E	1.56	0.57	0.17	----	----	----	----	----	0.14	1.08
A	1.75	1.62	1.07		3.36	1.53	1.24		0.73	0.76
Na E	2.08	0.93	0.30	1.86	----	----	----	----	1.19	1.81
A	1.82	1.80	0.83		1.29	1.14	0.78		0.22	0.30
Bilanzen in g										
K ⁺										0.32
-	0.19	1.05	0.90		3.36	1.53	1.24		0.59	
Na ⁺	0.26								0.97	1.51
-		0.87	0.53		1.29	1.14	0.78			
250 1000 1000 1000 1000										
NaCl 15 % 15 % 15 % 15 %										
Lösung Fruk- Fruk- Fruk- Fruk-										
100 tose tose tose tose										
5 %										
NaCl										
trat										
1000										
Blut										

Operationsbilanz:

Kalium: - 6.42 g
= - 164 mval

Natrium: - 0.53 g
= - 23 mval

Fall 11 (Fruktose-Kalium-Aminosäuren-Infusionen)

Patient O.G. 58 Jahre. Inoperables Magencarcinom.

Operation am 16.12.53 nach langer Vorbereitung mit Bluttransfusionen und Tutofusin-Infusionen. Intubationsnarkose mit Lachgas-Äther-Sauerstoff. Gastroenterostomie des Magenfundus mit dem Jejunum.

Patient hat den Eingriff erstaunlich gut überstanden. Komplikationsloser Heilungsverlauf.

Tabelle 11

Tage:	3	2	1	Op	1	2	3	4	5	6
Serumwerte in mg %										
K	19.8	20.3	20.0	18.5	17.0 (22.0)	18.7	19.2	18.0	16.9	17.6
Na	250	278	282		288	281	291	280	266	255
Einnahme (E) und Ausscheidung (A) in g										
K E	4.30	2.07	0.70	----	1.00	1.00	1.00	0.82	1.44	1.69
A	2.23	2.84	0.53	1.08	2.18	2.18	1.21	1.21		0.71
Na E	3.01	3.25	0.98	1.29	----	----	0.30	0.61	1.03	0.86
A	3.43	3.06	0.08	0.03	0.80	0.57	0.29	0.29		0.72
Bilanzen in g										
K +	2.07		0.17							0.98
-		0.77		1.08	1.18	1.18	0.21	0.39		
Na +		0.19	0.90	1.26			0.01	0.32		0.14
-	0.42				0.80	0.57				
Infusionen in ml	50	500	250	250	120g	160g	160g	120g		
	50 %	Tuto-	NaCl	NaCl	Fruk-	Fruk-	Fruk-	Fruk-		
	Glu-	fusin	Lösg	Lösg	tose	tose	tose	tose		
	cose			42	6.5N	6.5N	6.5N	4.87		
	200		5 %	0.9g	0.9g	0.9g	g N			
	NaCl			NaCl	Cl	Cl	Cl	0.68		
	lösg			trat	1gK	1gK	1gK	g Cl		
	25			420	950	1500		0.75g K		
	5 % NaCitrat			Blut	H ₂ O	H ₂ O	0.3g	0.225g Na		
	250 Blut						Na	787		

1050 H₂O
H₂O

Operationsbilanz:

Kalium: - 3.16 g

= - 81 mval

Natrium: + 0.36 g

= + 15.6 mval

Chlor: + 2.08 g

= + 59 mval

Fall 1

Deutlicher Ausscheidungsanstieg für Kalium am Operationstag bei fehlender Einnahme. An den beiden letzten Tagen wird die Bilanz wieder positiv. Die Serumwerte für Kalium fallen.

Bei Natrium findet man einen Ausscheidungsanstieg am 1. Tag p.o., das Ausscheidungsminimum am 2. Tag p.o.

Die Operationsbilanz zeigt neben Kalium- und Chlorverlusten eine Natriumretention.

Fall 2

Der Ausscheidungsgipfel für Kalium ist am Operationstag. Von da an geht die Ausscheidung langsam und gleichmässig zurück, unabhängig von der steigenden Einnahme.

Die Serumwerte für Kalium fallen. Der hohe Wert am Operationstag ist durch Hämolyse verursacht.

Die Natriumausscheidung nimmt am Operationstag leicht zu. Das Minimum ist am 4. Tag p.o.

Die Operationsbilanz zeigt sehr hohe Kaliumverluste, geringeren Chlorverlust und eine geringfügige Natriumretention.

Fall 3

Abfallende Werte für das Serumkalium. Der Gipfel der Kaliumausscheidung ist wahrscheinlich am 1. Tag p.o.

Die Natriumausscheidung ist am Operationstag erhöht. Das Minimum findet man am 3. Tag p.o.

Die leider unvollständige Operationsbilanz lässt neben Kalium einen Chlorverlust erkennen, Natrium ist nicht sicher zu beurteilen.

Fall 4

Die Werte des Kaliums im Serum fallen. Der Gipfel der Kaliumausscheidung ist am Operationstag. An den beiden letzten Untersuchungstagen wird die Kaliumbilanz infolge der hohen Zufuhr positiv.

Natrium wird stark retiniert.

Die Operationsbilanz zeigt hohe Kalium und Chlorverluste bei erheblicher Natriumretention.

Fall 5

Die Kaliumserumwerte sinken p.o. nicht ab. Die Kaliumbilanz ist an allen Untersuchungstagen negativ. So kommt es zu starken Kaliumverlusten während Natrium und Chlor erheblich retiniert werden.

Das Maximum der Kaliumausscheidung ist am 1. Tag p.o.

Natrium wird durch die Infusionen in grossen Mengen zugeführt und nur gering ausgeschieden.

Fall 6

Bei deutlich fallenden Kaliumserumwerten kein dramatischer Ausscheidungsanstieg nach der Operation. An den drei letzten Untersuchungstagen ist die Bilanz wieder positiv. Die Verluste an Kalium sind nicht gross. Es wird genau so viel Natrium ausgeschieden wie Kalium und das Doppelte beider Ionen an Chlor.

Fall 7

Die Kaliumserumwerte fallen leicht ab, die Kaliumausscheidung ist am Operationstag und dem Tage danach erheblich erhöht. An den drei letzten Tagen ist die Bilanz wieder positiv.

Die Natriumausscheidung zeigt am 1. Tag p.o. einen leichten Anstieg, das minimum ist am 3. Tag p.o.

Die Operationsbilanz bringt einen hohen Natriumverlust, der sich wohl durch den rektalen Kochsalzeinlauf erklärt, der bei den Einnahmen nicht mitgerechnet wurde.

F a l l 8

Die Kaliumausscheidung wurde am Operationstag nicht gemessen, am Tage danach ist sie nicht erhöht.

Natrium wird nach der Operation in steigender Menge retiniert.

Die Operationsbilanz ist für Kalium und Chlor negativ, für Natrium positiv.

F a l l 9

Die Kaliumserumwerte sinken nach der Operation ab, erreichen gegen Ende wieder die Ausgangshöhe. Die Kaliumausscheidung ist gegenüber der Zeit vor der Operation nicht erhöht. Die negative Operationsbilanz ist durch die fehlende Einnahme bedingt.

Die Natriumausscheidung erhöht sich zum Maximum am 1. Tag p.o. und sinkt auf einen Tiefstwert am 3. Tag p.o.

Die Operationsbilanz ist unvollständig. Die Kaliumverluste liegen etwa um 6,5 g die Natriumbilanz bewegt sich um Null. Chlor wird stark ausgeschieden.

F a l l 10

Die Serumwerte für Kalium sinken deutlich ab.

Der Wert der Kaliumausscheidung am Operationstag fehlt. Die Ausscheidung am 1. Tag p.o. ist die höchste, die im Laufe der Untersuchungen überhaupt festgestellt wurde. Sie ist sicher auf das sehr schwere Operationstrauma zurückzuführen. Trotzdem wird die Kaliumbilanz gegen Ende der Untersuchungsperiode positiv.

Die Natriumausscheidung gleicht am 1. Tag p.o. den praeoperativen Werten, ein Minimum ist erst am 5. Tag p.o. festzustellen.

Die Operationsbilanz ist nicht vollständig. Die Kaliumverluste betragen ca. 10g, die Natriumbilanz bewegt sich um Null.

Fall 11

Nur leichtes Absinken der Kaliumserumwerte. Der zweite Wert am Operationstag wurde nach der Infusion von 0,5 g Kalium gefunden.

Die Kaliumausscheidung erfährt nach der Operation keine Steigerung, die des Natriums steigt gegenüber den beiden Vortagen und erreicht Tiefpunkte am 3. und 4. Tag p.o.

Die nicht ganz vollständige Operationsbilanz zeigt den geringsten Kaliumverlust, der im Laufe der Untersuchungen festgestellt werden konnte. Natrium wird kaum, Chlor in geringem Masse retiniert.

Erwähnenswert ist das subjektive Wohlbefinden des Patienten nach den Infusionen. Niemals trat ein Schwächegefühl auf, nie war der Patient durstig. Bereits am zweiten Tag nach der Operation konnte er kurz aufstehen.

Dieser Fall demonstriert deutlich, dass mit einem gut zusammengesetzten Infusionsgemisch die Erscheinungen der "Maladie postopératoire" verhindert werden können.

DISKUSSION

Übereinstimmend mit ELIEL et al. (10, 11) finden wir in allen Fällen Kaliumverlust mit einem Höchstwert der Ausscheidung am Operationstag oder dem Tage danach - und die Tendenz zur Natriumretention. Der Kaliumverlust zeigt sich meist auch im Absinken der Kaliumserumwerte, während das Serum-Natrium keine charakteristischen Veränderungen aufweist. Vergleicht man die Kaliumverluste der Operationsbilanzen miteinander, findet man grosse, charakteristische Unterschiede. Bei den Fällen 2, 4 und 5, die von den Chirurgen grosse, hauptsächlich NaCl-haltige Infusionen erhielten, treten Verluste von ca. 10 g Kalium ein. Diesen gegenüber stehen die Fälle, die gar keine oder nur kleine NaCl-Infusionen oder Fruktose-Infusionen erhielten. Ihre Kaliumverluste - wegen fehlender Werte nicht in allen Fällen genau anzugeben - liegen bei ca. 7 g. Dieser Unterschied ist sicher nicht auf eine stärkere Stress-Reaktion bei Fall 2, 4 und 5 zurückzuführen, sondern hier tritt die von RANDALL und HABIF (13) beschriebene Wirkung grosser NaCl-Infusionen zu Tage: Erhebliche Kaliumausschwemmung⁺). Die Stress-Wirkung wird hier durch die Einnahme verstärkt.

Diese ausschwemmende Wirkung haben die Fruktose-Infusionen nicht. In fünf von sechs Fällen wird die Kaliumbilanz an den letzten Untersuchungstagen bereits wieder positiv. Hier tritt neben dem Nachlassen der Stresswirkung wohl die in der Literatur erwähnte Bindung von Kalium durch Fruktose beim Glycogenaufbau in Erscheinung. Die gesamten Kaliumverluste werden dadurch eingeschränkt (18 bis 22). Die Tendenz zur Natriumretention lässt sich in allen untersuchten Fällen nachweisen. Unabhängig von der Grösse der Einnahmen sinkt die Natriumausscheidung etwa bis zum vierten Tage nach der Operation auf ein Minimum, dann wird sie in den meisten Fällen wieder grösser, wohl durch das Nachlassen der Stresswirkung. Dieses retinierte Natrium wandert nach ELIEL et al.

⁺) Umgekehrt ist auch NaCl mit grossen KCl-Infusionen ausschwemmbar (36).

(11) in den intracellulären Raum und ersetzt dort das verlorene Kalium. Die Fälle 4 und 5, bei denen trotz äquivalenter Zufuhr von Natrium und Chlor mehr Natrium retiniert wird, weisen auf diesen Vorgang hin.

Dass die Natrium-Operationsbilanz trotzdem in drei Fällen (Fall 6, 7, 10) negativ und in 4 Fällen nur gering positiv wird, liegt nur zum Teil an geringen Einnahmen z.B. bei den Fällen mit Fruktose-Infusionen. In sechs Fällen findet man nämlich entweder am Operationstag oder dem folgenden Tage (Fall 2, 3 und 1, 7, 9, 11) einen Anstieg der Natriumausscheidung, dazu in vier Fällen (Fall 5, 6 und 8, 10) ein ungefähres Gleichbleiben der Werte, jedenfalls noch keine Abnahme am Operationstag oder dem folgenden Tage. Dann erst setzt die signifikante Retention ein. Es fällt schwer, diesen Effekt zu erklären. Man könnte denken, dass die Natriumretention erst durch den eingetretenen Mangel an Zell-Kalium verursacht oder ausgelöst wird.

Einen einzigen analogen Fall beschrieben BARTTER et al. Sie untersuchten die Stoffwechselwirkung von ACTH beim Panhypopituitarismus. Sie fanden Natriumverlust am ersten Tage der ACTH-Medikation, dann wieder Retention. Die deuteten diesen Effekt als wahrscheinlichen Pitressin-Effekt (37).

ZUSAMMENFASSUNG

1. Bei 11 Patienten, die sich grossen operativen Eingriffen unterziehen mussten, wurde die Wirkung des Operationstraumas auf den Stoffwechsel von Kalium und Natrium untersucht.
2. Die Untersuchungsergebnisse gleichen im grossen ganzen denen von ELIEL et al. (10, 11). Kalium wird am Operationstag und den folgenden Tagen vermehrt ausgeschieden, Natrium in dieser Zeit retiniert.
3. Den Kaliumstoffwechsel versuchten wir durch Fruktoseinfusionen zu beeinflussen, da Kohlehydrate, insbesondere die Fruktose, eine Kalium retinierende Wirkung haben. Wir vergleichen zwei Gruppen von Patienten. Die eine erhielt NaCl-haltige Lösungen teilweise mit Glucosezugabe, die andere Gruppe bekam Fruktose infundiert.
4. Die Fruktose ermöglichte ein schnelleres Positivwerden der Kaliumbilanzen, sie verminderte somit die Kaliumverluste.
Zu ausgeprägten Formen der "Maladie postoperative", nämlich Apathie, Muskelschwäche, Ödemen und cardialer Arrhythmie wie sie ELIEL et al. (10, 11) als Folge des Kaliummangels beschrieben haben, ist es in keinem Falle gekommen.
5. Auf die Gefahr einer Steigerung der Kaliumausscheidung über das durch das Operationstrauma bedingte Mass durch Infusion grosser, hauptsächlich NaCl-haltiger Lösungen wurde hingewiesen.
6. Optimale objektive und subjektive Erfolge erzielten wir bei Fall 11, bei dem ein Gemisch aus Fruktose, Kaliumchlorid und Aminosäuren infundiert wurde. Trotz der Schwere des Eingriffes waren die Kaliumverluste am geringsten von allen untersuchten Fällen. Der Patient fühlte sich nach der Operation so kräftig, dass er bereits am zweiten Tage nach dem Eingriff einige Zeit aufstehen konnte. Weder litt er an besonderer Mattigkeit noch hatte er trotz fehlender oraler Flüssigkeitsgabe jemals ein störendes Durstgefühl.

LITERATURANGABEN

1. Butler, A.M., Mc Khann et al.:
J. Pediat. 111/84, 1933
2. Darrow, D.C., Pratt E.L. et al.:
Pediatrics 33/129, 1949
3. Bellet, S., Nadler:
Am. J. Med. 6/712, 1949
4. Tarail, R. and Elkinton, J.R.:
J. Clin. Invest. 28/803, 1949
5. Pearson and Eliel:
J. Clin. Invest. 28/803, 1949
6. Gardner, Mc Lachlan et al.:
Federation Proc. 8/201, 1949
7. Holler, J.W.:
J. Am. Med. Ass. 131/1186, 1949
8. Kepler, E.J., Sprague, R.G.:
J. Clin. Endoc. 8/499, 1948
9. Leriche, R.:
J. Intern. de Chir. 2/177, 1937
10. Eliel, Pearson, Rawson:
The New England J. Med. 243/13, 1950
11. Eliel, Pearson, White:
J. Clin. Invest. 31/4, 1952
12. Selye, H.:
D. M. Wochenschrift 76/31-32 und
33-34, 1951
13. Randall, Habif:
Surgery 26/3, 1949
14. Sprague et al.:
Arch. Int. Med. 85/199, 1950
15. Kochakian, Ch. D.:
Symp. Steroid Horm. 113, 1950
16. Rein:
Lehrbuch der Physiologie
17. Martin, H.E.:
J. Am. Med. Ass. 147/5, 1951

18. Fenn, O.W.: J. Biol. Chem. 128/297, 1939
19. Buchanan, Hastings and Nesbett:
J. Biol. Chem. 180/435, 447, 1949
20. Verzar, F. und Pulver, R.: Nature 145/823, 1940
21. Harris: J. Biol. Chem. 141/579, 1941
22. Krebs, H.A., Eggleston: Biochem. J. 44/7, 1949
23. Engel, F.L.: Rec. Prog. Horm. Res. 6/277, 1951
24. Albanese: Metabolism 1/20, 1952
25. Elman, R. et al.: Ann. Surgery 136/635, 1952
26. Whitney, Bennett: Fed. Proc. 9/134, 1950
27. Pearson, Eliel, Rawson: Proc. First Clin. ACTH Conf. 318/
1950
28. Sprague, R.G.: Am. J. Med. 10/576, 1951
29. Long et al.: Endocrinology 26/309, 1940
30. Cori, zitiert in Stuhlfauth: Ärztl. Forsch. 5/11, 1951
31. Stuhlfauth: Ärztl. Forsch. 5/11, 1951
32. Wissenschaftl. Tabellen von Geigy, Basel 1953
33. Plessner, K.: Inaug. Diss. 1957
34. Steinhuber, B.: Inaug. Diss. 1957
35. F. Hegemann und B. Pfab: Glastechn. Berichte 26/238, 1953
36. Liddle, Bennett, Forsham: J. Clin. Invest. 1197, 1953
37. Bartter, Fourman et al.: J. Clin. Endocrin. 955, 1953

LEBENS LAUF

Am 6. August 1924 wurde ich als Sohn des Ärzteehepaares Dr. Paul und Dr. Emilie Wollheim in Steisslingen, Kreis Stockach, Baden, geboren. In Steisslingen und Singen besuchte ich die Volksschule und anschließend das Realgymnasium Singen a.H. bis zum Notabitur 1942. Vom Juli 1942 bis zur Kapitulation war ich beim Arbeitsdienst und in der Wehrmacht. Ich geriet in jugoslawische Kriegsgefangenschaft, aus der ich am 30.11.1948 entlassen wurde. Im Sommer 1949 begann ich das Medizinstudium. Nach 10 Semestern in Freiburg, Zürich und München schloss ich mit dem Staatsexamen in München am 23.7.54 ab.

MEINE AUSBILDUNG

5 Monate an der Universitätshautklinik München, 2 Monate Geburtshilfe an der Universitätsfrauenklinik München, 6 Monate Innere Medizin am Kreiskrankenhaus München-Perlach, 10 Monate Chirurgie am Städtischen Krankenhaus in Singen, 4 Monate am Kinderkrankenhaus Schwabing, 16 Monate Vertretung in der väterlichen Landpraxis und das Landvierteljahr.

Seit dem 1.4.1958 habe ich als zugelassener Kassenarzt die väterliche Landpraxis übernommen.

